

The background of the top half of the image is a white field filled with a dense, chaotic pattern of thin, red, hand-drawn lines. These lines vary in length and orientation, creating a sense of dynamic movement and complexity. In the lower-left portion of this white field, there is a white rectangular box with a subtle drop shadow.

ITWissen

Das große Online-Lexikon
für Informationstechnologie

E-Book

100-Gigabit-Ethernet

- **8B10B-Codierung**
- **40-Gigabit-Ethernet**
- **40GBase-CR4**
- **40GBase-LR4**
- **40GBase-SR4**
- **64B/66B-Codierung**
- **100-Gigabit-Ethernet**
- **100GBase-CR10**
- **100GBase-FR4**
- **100GBase-LR4**
- **100GBase-SR10**
- **802.3ba**
- **CAUI**, 100 gigabit attachment unit interface
- **CFP**, 100 gigabit small form factor pluggable
- **CGMII**, 100 gigabit media independent interface
- **CWDM**, coarse wavelength division multiplex
- **DWDM**, dense wavelength division multiplexing
- **HSSG**, higher speed study group
- **IB4X-Kabel**
- **ITU-Grid**
- **OM-Klasse**
- **Optischer Transceiver**
- **Twinaxial-Kabel**
- **XFP**, 10 gigabit small form factor pluggable module
- **XLAUI**, 40 gigabit attachment unit interface
- **XLGMII**, 40 gigabit media independent interface

100-Gigabit-Ethernet

8B10B-Codierung

8B10B, 8 binary, 10 binary

Bei der 8B10B-Codierung werden 8-Bit-Wörter auf 10-Bit-Wörtern abgebildet. Mit der Konvertierung wird verhindert, dass sich lange Folgen von Nullen oder Einsen bilden, die die Taktgenerierung und Datenregenerierung erschweren. Da bei einer Umsetzung einer 8-Bit-Folge 256 Bitkombinationen entstehen, bei einer 10-Bit-Folge hingegen 1024 Bitkombinationen, nutzt man für die Abbildung der 8-Bit-Worte nur die Bitkombinationen, die viele Pegelwechsel aufweisen. Und zwar werden nur die Bitkombinationen berücksichtigt, die maximal fünf aufeinander folgende Nullen und fünf aufeinander folgende Einsen enthalten. Dadurch kann aus dem codierten Signal, das hinreichend viele Pegelwechsel aufweist, das für die Synchronisation benötigte Taktsignal abgeleitet werden. Da bei der Abbildung von 8-Bit-Folgen in 10-Bit-Folgen nur 256 Bitkombinationen für die 8-Bit-Folgen benötigt werden, verbleiben weitere 768 Bitkombinationen. Diese werden für Sonderzeichen und im Fibre Channel für die Verwaltung des Links benutzt. Die 8B10B-Codierung findet ihre Anwendung z.B. in Fibre-Channel, Gigabit-Ethernet, 10-Gigabit-Ethernet, bei ESCON, in der StarFabric sowie bei den ATM-Übertragungsschnittstellen, und zwar bei der direkten Zellenübertragung.

40-Gigabit-Ethernet

40GbE, 40 Gigabit Ethernet

Bei den Standardisierungsaktivitäten für *100-Gigabit-Ethernet* (100GbE) hat die Higher Speed Study Group (HSSG) auch die Standardisierung von 40-Gigabit-Ethernet (40GbE) vorangetrieben. Dies unter dem Aspekt, um damit die in optischen Transportnetzen (OTN) benutzte Datenrate von 40 Gbit/s zu unterstützen. 40-Gigabit-Ethernet kann über Glasfasern und auch über *Twinaxial-Kabel* übertragen werden können. Mit Multimodefasern können 100 m überbrückt werden und mit Monomodefasern 10 km. 40-Gigabit-Ethernet ist auch eine HS-Technik für Backplanes und für kurze Entfernungen von bis zu 10 m, die über Twinaxial-Kabel realisiert werden können.

100-Gigabit-Ethernet

40-Gigabit-Ethernet-Schnittstelle	100-Gigabit-Ethernet-Schnittstelle	Medium	Entfernung
40GBase-KR4 4 x 10 Gbit/s		Backplane	1 m
40GBase-CR4 4 x 10 Gbit/s	100GBase-CR10 10 x 10 Gbit/s	C, Copper 4/10 TP-Kabel	10 m
40GBase-SR4 4 x 10 Gbit/s	100GBase-SR10 10 x 10 Gbit/s	S, Short 4/10 Multimode	100 m
40GBase-LR4 4 x 10 Gbit/s	100GBase-LR4 4 x 25/10 x 10 Gbit/s	L, Long 4 Monomode	10 km
	100GBase-ER4 4 x 25 Gbit/s	E, Extra Long 4 Monomode	40 km

Für 40-Gigabit- und 100-Gigabit-Ethernet spezifizierte Schnittstellen

An Schnittstellen wurde die *40GBase-LR4* für Wellenlängenmultiplex mit vier WDM-Pfaden über Monomodefaser und Entfernungen bis zu 10 km spezifiziert, die *40GBase-SR4* für vier WDM-Pfaden oder vier Multimodefaser der *OM-Klasse 3* für Entfernungen bis 100 m, die *40GBase-CR4* für vier parallele Twinaxial-Kabel und für eine Entfernung von 10 m, und die *10GBase-KR4* für Backplanes und einer Entfernung von 1 m.

Im Rahmen der Standardisierung von *100-Gigabit-Ethernet* wurde von der Higher Speed Study Group (*HSSG*) auch *40-Gigabit-Ethernet* spezifiziert. 40-Gigabit-Ethernet kann über Glasfaser und über Kupferkabel der Kategorie 7 (Cat 7) betrieben werden.

Speziell für den Datentransport über geringe Entfernungen von bis zu 10 m wurde die

40GBase-CR4

IEEE 802.3 40GBase-CR4

100-Gigabit-Ethernet

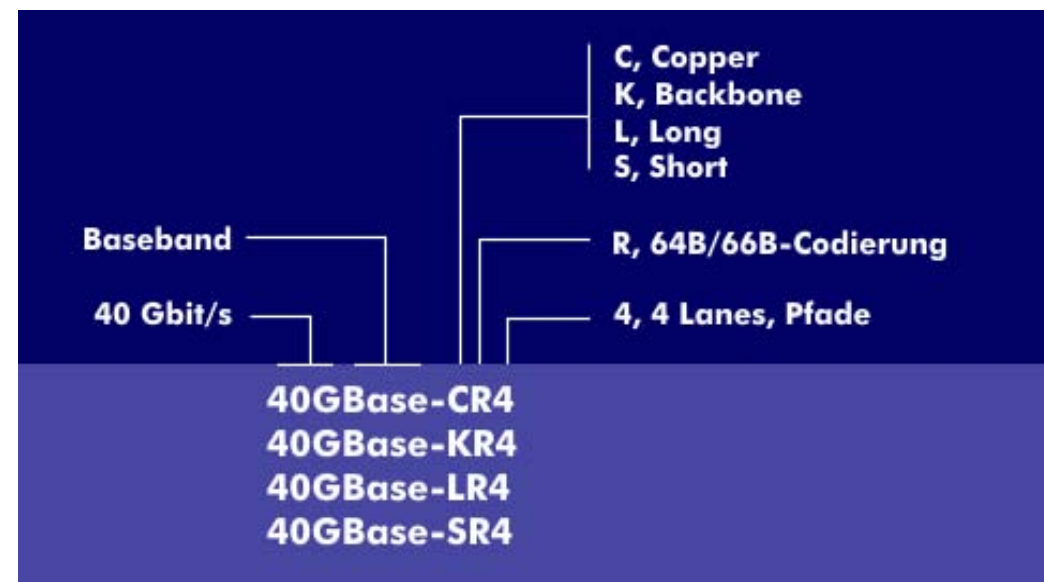
Schnittstelle 40GBase-CR4 spezifiziert. Der Buchstabe "C" steht dabei für Copper, der Buchstabe "R" für den Schnittstellentyp mit *64B/66B-Codierung* und die Ziffer 4 für vier parallele *Twinaxial-Kabel*. Die Schnittstelle 40GBase-CR4 hat neben den vier Twinaxial-Kabeln noch zwei Koaxialkabel.

40GBase-LR4

IEEE 802.3 40GBase-LR4

Unter *40-Gigabit-Ethernet* gibt es mehrere Schnittstellen für Glasfaser, eine davon ist 40GBase-LR4, mit der Entfernungen von bis zu 10 km überbrückt werden können.

Aus der Bezeichnung 40GBase geht hervor, dass die Schnittstelle eine Datenrate von 40 Gbit/s (40G) unterstützt und in Basisbandtechnik (Base) arbeitet. Aus der Extension LR4 gehen die spezifischen Charakteristika hervor. Der Buchstabe "L" steht für Long, das "R"



Nomenklatur der 40-Gigabit-Schnittstellen

kennzeichnet den Schnittstellentyp mit *64B/66B-Codierung* und die Ziffer 4 sagt aus, dass die Übertragung mittels Wellenlängenmultiplex (WDM) über vier WDM-Pfade einer Monomode-faser geschaltet werden. Bei dieser Übertragung stellt jeder WDM-Pfad eine Datenrate von 25 Gbit/s zur Verfügung.

100-Gigabit-Ethernet

40GBase-SR4

IEEE 802.3 40GBase-SR4

40GBase-SR10 ist eine Schnittstelle für *40-Gigabit-Ethernet*. Es handelt sich um eine Glasfaser-Schnittstelle für Multimodefaser der *OM-Klasse 3*. Aus der Schnittstellenbezeichnung geht hervor, dass es sich um ein Schnittstelle für kurze Entfernungen (S, Short) handelt.

Das "R" kennzeichnet den Schnittstellentyp mit *64B/66B-Codierung* und die Ziffer 4 sagt aus, dass die Übertragung mit Wellenlängenmultiplex (WDM) über vier WDM-Pfade einer Multimodefaser erfolgt. Als optisches Fenster wird der Wellenlängenbereich bei 850 nm benutzt.

Bei dieser Übertragung stellt jeder WDM-Pfad eine Datenrate von 10 Gbit/s zur Verfügung. Die überbrückbare Entfernung liegt bei 100 m.

64B/66B-Codierung

64B/66B encoding

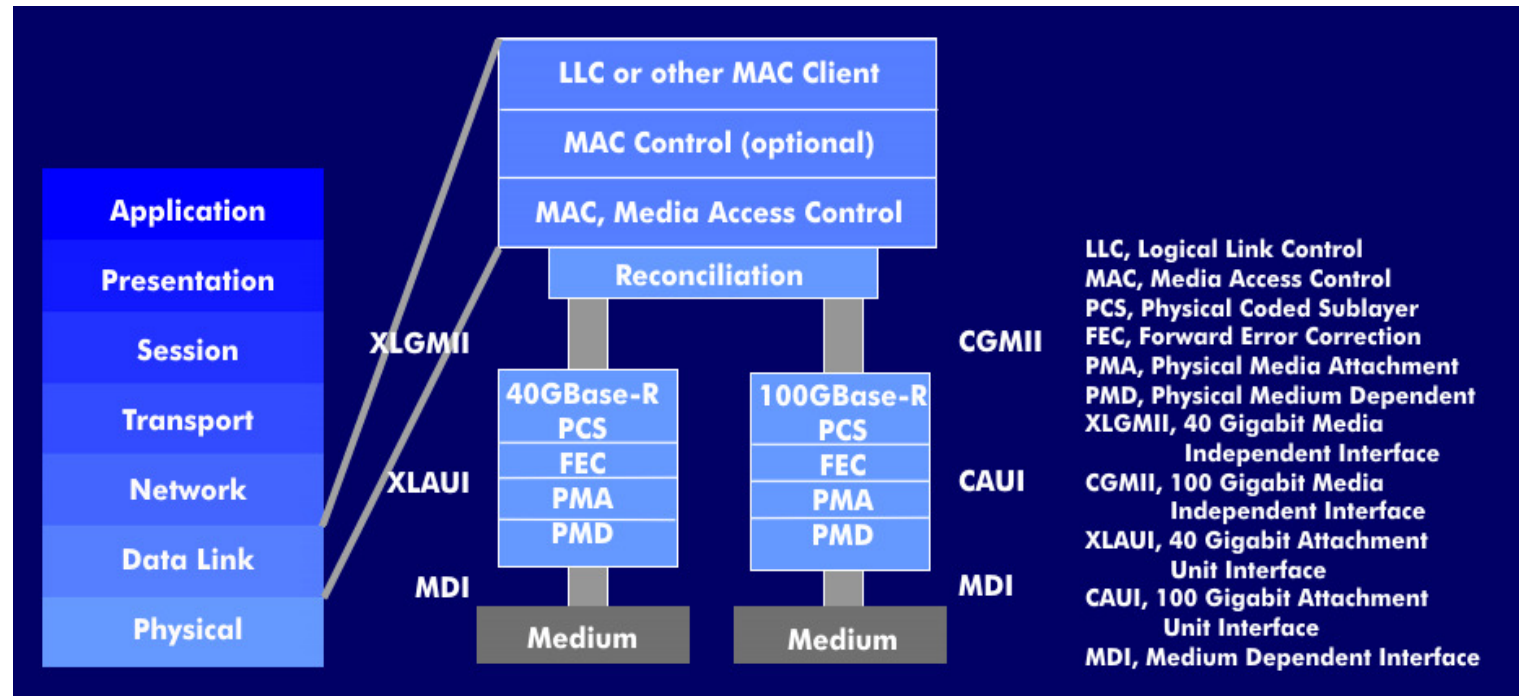
Die 64B/66B-Codierung ist ein sehr effizientes Codierverfahren, das in 10-Gigabit-Ethernet, *40-Gigabit-Ethernet* und *100-Gigabit-Ethernet* eingesetzt wird. Bei diesem Verfahren werden nur zwei zusätzliche Bits für die Übertragung eines 64-Bit-Datenblocks benötigt. Reine Daten (D0 - D7) werden in diesem Verfahren mit »01« codiert, Kontrollbytes (C0 - C7) und ein Gemisch aus Kontroll- und Datenbytes erhalten die Codierung »10«. Unbenutzte Bits werden als »0« übertragen.

100-Gigabit-Ethernet

100GbE, 100 Gigabit Ethernet

100-Gigabit-Ethernet ist eine Höchstgeschwindigkeitstechnologie für Netzwerk-Betreiber für die Aggregation im Internet-Backbone und für Rechenzentren. Die Higher Speed Study Group (*HSSG*) treibt unter der Projektbezeichnung *802.3ba* diese 100-Gigabit-Technologie voran, wobei neben der Datenrate von 100 Gbit/s auch die in optischen Transportnetzen (OTN) benutzte Datenrate von 40 Gbit/s, als *40-Gigabit-Ethernet* (40GbE), im Standard berücksichtigt wird. Entsprechend der ITU-Empfehlung G.709 muss das 100-Gbit/s-Signal in

100-Gigabit-Ethernet



Schichtenmodell für 40- und 100-Gigabit-Ethernet, nach IEEE 802.3ba

optische Transportnetze eingebunden werden.

Zum Erreichen höherer Geschwindigkeiten und insbesondere der 100 Gbit/s stehen verschiedene Verfahren zur Verfügung, so die parallele Übertragung von jeweils 25 Gbit/s über vier Lichtwellenleiter oder über verschiedene Wellenlängen. Bei der Realisierung setzt man auf verschiedenste Modulations- und Multiplexstechniken wie das Raummultiplex (SDM), das Wellenlängenmultiplex (WDM), CWDM oder DWDM, und das Zeitmultiplex (TDM) und Kombinationen daraus. Als Übertragungsmedien werden neben der Glasfaser auch Kupferkabel, resp. *Twinaxial-Kabel*, eingesetzt.

100-Gigabit-Ethernet

Bei 100-Gigabit-Ethernet werden bestimmte Ethernet-Strukturen beibehalten. So die die Frame-Formate und die Framelänge mit mindestens 64 Bit und maximal 1.518 Bit. Anders als sonst in Ethernet üblich wird als Codierung nicht die *8B10B-Codierung* benutzt, sondern die *64B/66B-Codierung*, bei der weniger redundante Bits übertragen werden. Diese Codierung, die in der Schnittstellenvarianten mit dem Buchstaben "R" gekennzeichnet ist, wurde bereits in den 10GBase-R-Varianten 10GBase-SR, 10GBase-LR und anderen eingesetzt. Ein weiterer Aspekt aus Ethernet ist der Vollduplex-Betrieb und das Zugangsverfahren. Des Weiteren geht es um verschiedene Algorithmen wie den des Spanning Tree und um Virtual LAN (VLAN), wie es in 802.1q definiert ist. Als Bitfehlerrate sieht 100-Gigabit-Ethernet einen Wert von besser 10×10^{-12} vor. Ein solcher Wert kann nur mit Forward Error Correction (FEC) erreicht werden.

40-Gigabit-Ethernet-Schnittstelle	100-Gigabit-Ethernet-Schnittstelle	Medium	Entfernung
40GBase-KR4 4 x 10 Gbit/s		Backplane	1 m
40GBase-CR4 4 x 10 Gbit/s	100GBase-CR10 10 x 10 Gbit/s	C, Copper 4/10 TP-Kabel	10 m
40GBase-SR4 4 x 10 Gbit/s	100GBase-SR10 10 x 10 Gbit/s	S, Short 4/10 Multimode	100 m
40GBase-LR4 4 x 10 Gbit/s	100GBase-LR4	L, Long 4 Monomode	10 km
	4 x 25/10 x 10 Gbit/s	E, Extra Long 4 Monomde	40 km
	100GBase-ER4 4 x 25 Gbit/s		

Für 40-Gigabit- und 100-Gigabit-Ethernet spezifizierte Schnittstellen

100-Gigabit-Ethernet

Bei der Übertragung über Glasfaser müssen die Fehler behandelt werden, die durch die chromatische Dispersion (CD) und die Polarisationsmoden-Dispersion (PMD) entstehen. Zudem muss der Wirkungsgrad für die Übertragung von 100-Gbit/s-Signale über die vorhandenen DWDM-Systeme verbessert werden. 802.3ba spezifiziert drei LwL-Schnittstellen: Für Monomodefasern die Schnittstellen *100GBase-ER4* und *100GBase-LR4*, die über vier WDM-Pfade einer Monomodefaser jeweils 25 Gbit/s überträgt. Diese Varianten sind für Entfernungen von 40 km und 10 km ausgelegt und zielen auf den Einsatz in Metronetzen. Für Multimodefasern mit *OM-Klasse 3* gibt es die *100GBase-SR10*, die über zehn WDM-Pfade oder zehn Multimodefasern jeweils 10 Gbit/s überträgt. Technisch realisiert werden die Schnittstellen in den optischen Transceivern, die sich in steckbaren *CFP-Modulen* befinden. Was die Übertragung über Twinaxial-Kabel betrifft, so gibt es für 40-Gigabit-Ethernet die Schnittstelle *40GBase-CR4*, die mit vier parallelen Kupferleitungen mit jeweils 10 Gbit/s arbeitet, und für 100-Gigabit-Ethernet die *100GBase-CR10*, die mit zehn parallelen Leitungen mit jeweils 10 Gbit/s arbeitet. Beide physikalischen Kupfer-Schnittstellen unterstützen Entfernungen bis 10 m.

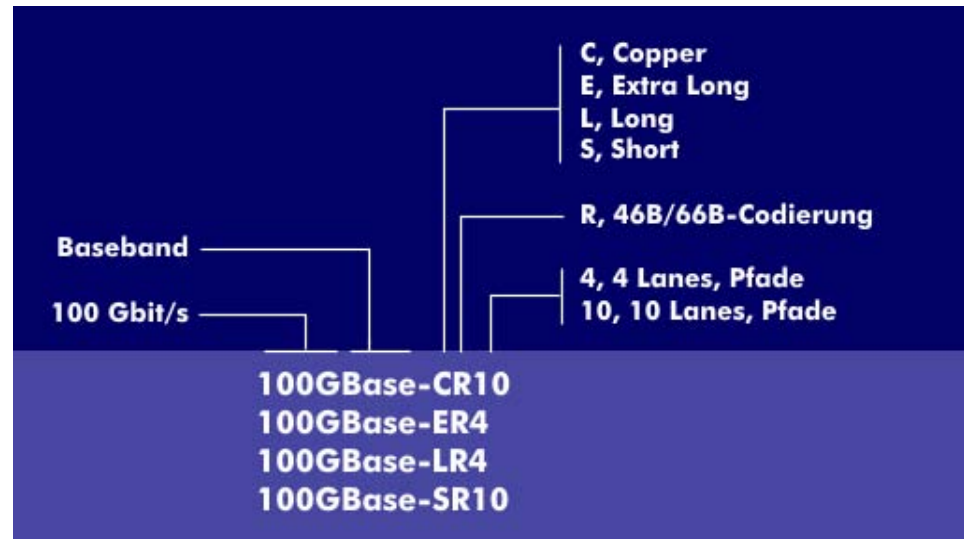
100GBase-CR10 *IEEE 802.3 100GBase-CR10*

Die Higher Speed Study Group (*HSSG*) hat für *100-Gigabit-Ethernet* mehrere Schnittstellen für Glasfaser und Kupferkabel spezifiziert. Danach kann 100-Gigabit-Ethernet über die Schnittstelle 100GBase-CR10 über Entfernungen von bis zu 10 m auch über Kupferkabel, resp. *Twinaxial-Kabel*, übertragen werden. Die in der Bezeichnung benutzte Endung CR10 steht für Copper (C), das "R" kennzeichnet den Schnittstellentyp mit *64B/66B-Codierung* und die Ziffer 10 sagt aus, dass zehn parallele Twinaxial-Kabel geschaltet werden. Über jede der zehn Kupferleitungen werden jeweils 10 Gbit/s übertragen. Die einzelnen geschirmten Kabel innerhalb des Twinaxial-Kabels werden als Balanced Shielded Cable bezeichnet.

100-Gigabit-Ethernet

100GBase-ER4

IEEE 802.3 100GBase-ER4



Nomenklatur der 100-Gigabit-Schnittstelle

Unter *100-Gigabit-Ethernet* gibt es mehrere Schnittstellen für Glasfaser, eine davon ist 100GBase-ER4, mit der Entfernungen von bis zu 40 km überbrückt werden können. In der Extension ER4 bedeutet das "E" Extra Long, das "R" kennzeichnet den Schnittstellentyp mit *64B/66B-Codierung* und die Ziffer 4 sagt aus, dass die Übertragung mittels *DWDM-Technik* über vier

DWDM-Pfade oder vier Monomodefasern geschaltet werden. Das Wellenlängenmultiplex erfolgt auf den Wellenlängen 1.295 nm, 1.300 nm, 1.305 nm und 1.310 nm. Das Grid mit 5 nm entspricht dem von *100GBase-LR4*. Bei dieser Übertragung stellt jeder WDM-Pfad eine Datenrate von 25 Gbit/s zur Verfügung. Technisch wird die 100GBase-ER4-Schnittstelle mit einem *optischen Transceiver* in einem *CFP-Modul* realisiert.

100GBase-LR4

IEEE 802.3 100GBase-LR4

Unter *100-Gigabit-Ethernet* gibt es mehrere Schnittstellen für Glasfaser, eine davon ist 100GBase-LR4, mit der Entfernungen von bis zu 10 km überbrückt werden können. Aus der Bezeichnung 100GBase geht hervor, dass die Schnittstelle eine Datenrate von 100 Gbit/s (100G) unterstützt und in Basisbandtechnik (Base) arbeitet. Aus der Endungs-Bezeichnung LR4 gehen die spezifischen Charakteristika hervor. Der Buchstabe "L" steht für

100-Gigabit-Ethernet

Long, das "R" kennzeichnet den Schnittstellentyp mit *64B/66B-Codierung* und die Ziffer 4 sagt aus, dass die Übertragung mittels WDM-Technik über vier *DWDM*-Pfade einer Monomodefaser geschaltet werden. Bei dieser Übertragung stellt jeder DWDM-Pfad eine Datenrate von 25 Gbit/s zur Verfügung.

Technisch wird die 100GBase-LR4-Schnittstelle mit einem *optischen Transceiver* in einem *CFP-Modul* realisiert.

100GBase-SR10 *IEEE 802.3 100GBase-SR10*

100GBase-SR10 ist eine Schnittstelle für *100-Gigabit-Ethernet*. Es handelt sich um eine Glasfaser-Schnittstelle für Ribbon Fiber der *OM-Klasse 3*. Aus der Schnittstellenbezeichnung geht hervor, dass es sich um ein Schnittstelle für kurze Entfernungen (S, Short) handelt. Das "R" kennzeichnet den Schnittstellentyp mit *64B/66B-Codierung* und die Ziffer 10 sagt aus, dass die Übertragung mit Wellenlängenmultiplex (WDM) über zehn WDM-Pfade einer Multimodefaser erfolgt.

Als optisches Fenster wird der Wellenlängenbereich bei 850 nm benutzt. Bei dieser Übertragung stellt jeder WDM-Pfad eine Datenrate von 10 Gbit/s zur Verfügung. Die überbrückbare Entfernung liegt bei 100 m.

802.3ba *IEEE 802.3ba*

Der kommende Ethernet-Standard für *100-Gigabit-Ethernet* wird von der Higher Speed Study Group (HSSG) unter der Projektbezeichnung IEEE 802.3ba geführt. Der für das Jahr 2010 avisierte Standard soll im Gegensatz zu den bisherigen dekadischen Datenraten von 10 Mbit/s, 100 Mbit/s, 1 Gbit/s und 10 Gbit/s zwei verschiedene Datenraten unterstützen: 40 Gbit/s und 100 Gbit/s. Die 40-Gbit/s-Technik wurde aufgenommen um die Übertragungsraten in optischen Netzen zu unterstützen.

Für die 100-Gigabit-Technik gibt es hinreichenden Bedarf von Netzbetreibern und

100-Gigabit-Ethernet

Rechenzentren. So könnte die hohe Bandbreite für die Aggregation im Internet-Backbone der nächsten Generation eingesetzt werden sowie in Rechenzentren in Host-Bussen und in der Speicherung.

Als Übertragungsmedien kommen Glasfasern der *OM-Klasse* OM4 zum Einsatz, wobei mit Multimodefasern über 100 m überbrückt werden sollen und über Monomodefasern Entfernungen zwischen 10 km und 40 km ins Auge gefasst werden. An Schnittstellen wurden die *100GBase-ER4* und die *100GBase-LR4* für vier WDM-Pfade oder vier Monomodefasern und Entfernungen bis zu 40 km resp. 10 km spezifiziert. Für Multimodefasern ist die *100GBase-SR10* für vier WDM-Pfade über Multimodefasern der OM-Klasse 3 vorgesehen, mit der Entfernungen bis 100 m überbrückt werden können.

Neben der Glasfaser soll auch der Einsatz von Kupferkabeln über eine Entfernung von 10 m im Standard 802.3ba verankert werden. Die entsprechende Schnittstelle ist die *100GBase-CR10*, die mit zehn parallel geschalteten *Twinaxial-Kabeln* der Kategorie 7 (Cat 7) arbeitet.

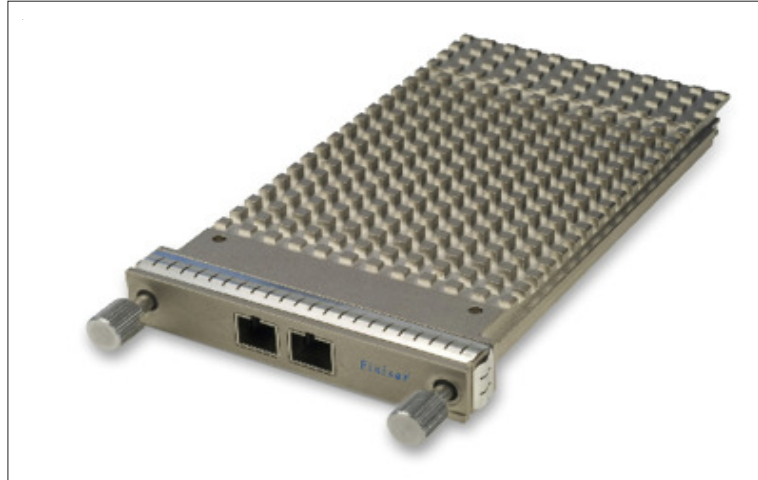
CAUI, 100 gigabit attachment unit interface

Das CAUI (100 Gigabit Attachment Unit Interface) ist eine Schnittstelle zwischen in der Medium Access Control (MAC) und dem Physical Layer (PHY) von *100-Gigabit-Ethernet*. Mit der CAUI kann die eingeschränkte physikalische Ausdehnung der "100 Gigabit Medium Independent Interface", *CGMII*, auf 60 cm verlängert werden. Die CAUI arbeitet je nach Schnittstelle mit vier oder zehn parallelen Lanes und *64B/66B-Codierung*. Bei *100GBase-ER4* und *100GBase-LR4* sind es vier, bei *100GBase-SR10* sind es zehn Lanes.

CFP, 100 gigabit small form factor pluggable CFP-Modul

CFP-Module (100 Gigabit Small Form Factor Pluggable) sind kleine, einsteckbare Module, in denen die optischen Schnittstellen für *100-Gigabit-Ethernet* realisiert sind, vergleichbar den *XFP-Modulen* für 10-Gigabit-Ethernet. Es sind *optische Transceiver* mit optischen Sendern und

100-Gigabit-Ethernet



CFP-Modul für 100-Gigabit-Ethernet, Foto: gazettabyte

Empfängern, mit Multiplexern und Demultiplexern, mit denen die zehn parallelen Datenströme mit jeweils 10 Gbit/s zusammengefasst werden und in vier Wellenlängen auf 25 Gbit/s gemultiplext werden. CFP-Module sind hot-swappable, das bedeutet, dass sie während des normalen Betriebs ausgetauscht werden können, Übertragungsraten von 100 Gbit/s haben und typischerweise bei Wellenlängen von 850 nm und 1.310 nm arbeiten.

Eingesetzt werden sie in 100-Gigabit-Ethernet (100GbE), 40-Gigabit-Ethernet (40GbE), Fibre Channel (FC) sowie in Sonet und im SDH-Netz.

Im CFP-Modul werden vier DFB-Laser eingesetzt, wegen deren hohen optischen Ausgangsleistung müssen CFP-Module eine optimale Wärmeableitung besitzen.

Bei Gigabit-Ethernet heißt das entsprechende Schnittstellenmodul SFP-Modul (Small Form Factor Pluggable) und bei 10-Gigabit-Ethernet XFP-Modul (10 Gigabit Small Form Factor Pluggable).

**CGMII, 100 gigabit
media independent
interface**

CGMII ist das medienunabhängige Interface von 100-Gigabit-Ethernet (100GbE), adäquat zu XLGMII für 40-Gigabit-Ethernet und zu XGMII für 10-Gigabit-Ethernet.

Bei CGMII handelt sich um die Schnittstelle zwischen dem MAC-Layer und dem Physical

100-Gigabit-Ethernet

Coding Sublayer (PCS) von 100-Gigabit-Ethernet. XLGMII verbindet Ports untereinander und mit anderen elektronischen Baugruppe im Vollduplex. Über XLGMII werden Receive-, Transmit- und Kontrollsignale übertragen. XGMII kann nur geringe Entfernungen im Zentimeterbereich überbrücken und wird daher vorwiegend auf Boardebene für Intra-Chip-Verbindungen eingesetzt. Eine Verlängerung erfolgt über das *CAUI*.

**CWDM, coarse
wavelength division
multiplex**

Wellenlängen- bänder	Mittenwellen- länge (nm)
O-Band	1271
	1291
	1311
	1331
	1351
E-Band	1371
	1391
	1411
	1431
	1451
S-Band	1471
	1491
	1511
C-Band	1531
	1551
L-Band	1571
	1591
	1611

*Wellenlängenraster von CWDM nach der
ITU-Empfehlung G.694.2*

Die Spezifikationen von CGMII und XLMGII können identisch sein, sie können aber auch unterschiedliche Datenbreiten und Taktfrequenzen aufweisen.

Coarse Wavelength Division Multiplex (CWDM) ist ein Wellenlängenmultiplex für Stadtnetze und Anschlussnetze. Die Übertragung erfolgt in 18 Kanälen mit Wellenlängen zwischen 1.270 nm und 1.610 nm mit einem Kanalraster von 20 nm. Die Kanalbreite selbst beträgt 13 nm, die verbleibenden 7 nm sind als Sicherheitsabstand zum nächsten Kanal und als Toleranz für die Laserdioden.

Die Übertragungsrate liegt bei 2,5 Gbit/s pro Kanal, so dass mit einem Vierkanal-Multiplexer maximale Übertragungsraten von 10 Gbit/s, beispielsweise für 10GbE, möglich sind.

Bei CWDM, das in der ITU-Empfehlung G.694.2

100-Gigabit-Ethernet

beschrieben ist, werden VCSEL-Laser als schmalbandige Emissionsquellen eingesetzt. Der Signal-Rauschabstand zwischen den einzelnen Kanälen ist mit mindestens 25 dB angegeben. Der Einsatz von CWDM mit Gradientenfasern sieht den Wellenlängenbereich im unteren optischen Fenster vor. Dabei beträgt der Kanalabstand 25 nm, die vier Wellenlängen liegen ab 780 nm aufwärts. CWDM-Strecken können als Punkt-zu-Punkt-Verbindungen über Entfernungen bis 50 km realisiert werden. Der Übergang von der CWDM-Technik zur *DWDM-Technik* kann mittels Hybrid-CWDM/DWDM erfolgen.

DWDM, dense wavelength division multiplexing

DWDM-Technik

DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) ist ein optisches Wellenlängenmultiplex mit der enormen Leistungsfähigkeit von mehreren Tbit/s, das im ITU-Standard G.604.1 standardisiert ist.

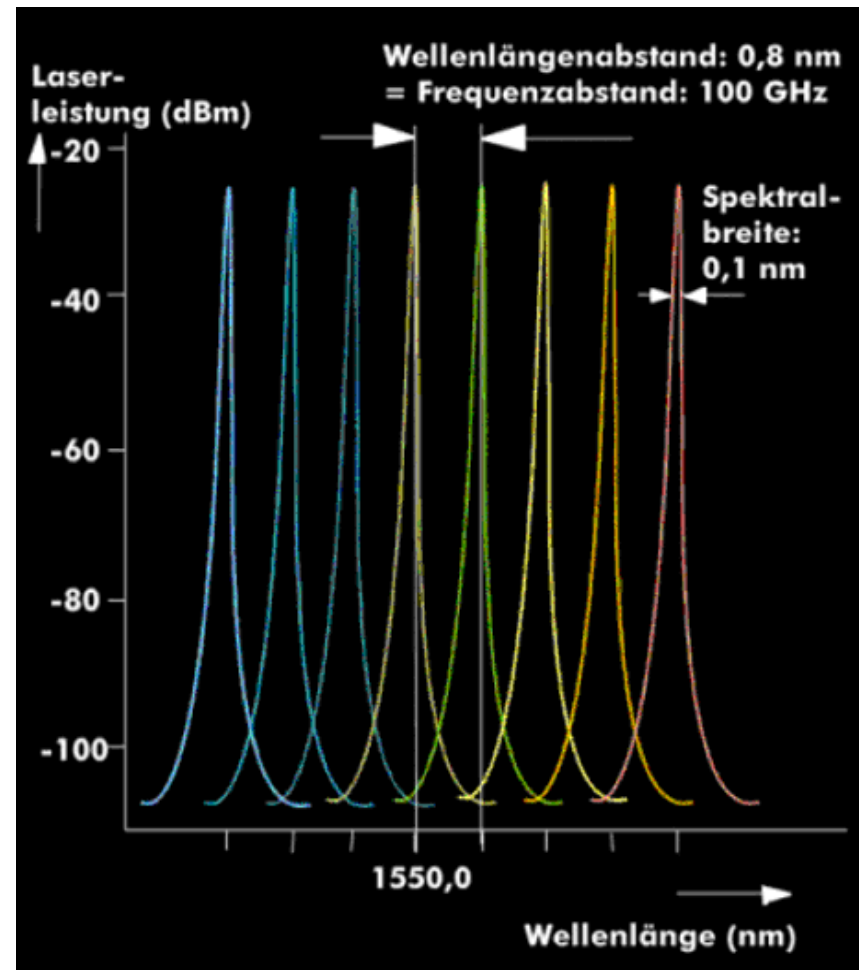
Bei der DWDM-Technik wird der Wellenlängenbereich zwischen 1.260 nm und 1.675 nm für die Übertragung im Weitverkehrsbereich benutzt, der in drei Wellenlängenbänder, dem S-Band, C-Band und L-Band unterteilt ist. Als Grundwellenlänge wird die Wellenlänge des optischen Fensters bei 1.550 nm verwendet, auf die bis zu 160 unterschiedliche Wellenlängen symmetrisch aufmoduliert werden. Diese werden dann über eine Glasfaser übertragen und empfangsseitig durch optische Filter wieder voneinander getrennt.

Die Kanalabstände betragen 0,8 nm. Der 0,8-nm-Abstand entspricht einem 100-GHz-Spacing zwischen zwei Kanälen und wird als *ITU-Grid* bezeichnet. Weitere standardisierte Kanalabstände betragen 50 GHz, 25 GHz und 12,5 GHz, was Wellenlängenabständen von 0,4 nm, 0,2 nm oder 0,1 nm entspricht. Marktgängig sind derzeit Systeme mit 16 bis 64 Kanälen. Für die Reichweite hat die ITU Entfernungen optische SDH-Schnittstellen von 80 km, 120 km und 160 km spezifiziert, bekannt als Long Haul, Very Long Haul (VLH) und Ultra Long Haul (ULH).

100-Gigabit-Ethernet

Die Voraussetzungen für die DWDM-Technik wurden durch die moderne Halbleitertechnologie geschaffen, die DFB-Laser mit einer geringen spektralen Bandbreite zur Verfügung stellt, damit mehrere Übertragungskanäle in einem optischen Fenster realisiert werden können. Darüber hinaus ermöglicht die moderne Kopplertechnik deutlich geringere Kanalabstände, weil sie steile Filterkurven und hohe Sperrdämpfungen aufweist. Auch bei den Faserverstärkern (OFA und EDFA) wurden wesentliche entwicklungstechnische Fortschritte erzielt.

In der praktischen Anwendung kann die DWDM-Technik unidirektional oder bidirektional arbeiten, also nur in einer Richtung oder auch in beiden Richtungen. Es können bis zu vierzig OC-48 mit 2,488 Gbit/s gleichzeitig über eine Glasfaser übertragen, was einer Übertragungsgeschwindigkeit von 100 Gbit/s entspricht. Dabei kann die DWDM-Technik unidirektional oder



Wellenlängenraster bei DWDM

100-Gigabit-Ethernet

bidirektional arbeiten, also nur in einer Richtung oder auch in beiden Richtungen. Im Rahmen der 10-Gigabit-Ethernet-Technologie rücken Übertragungswerte von 1 Tbit/s in den Bereich des Möglichen, wenn man davon ausgeht, dass man 80 Kanäle mit jeweils 10 Gbit/s überträgt.

HSSG, higher speed study group

Die Higher Speed Study Group (HSSG) ist eine Arbeitsgruppe von IEEE 802.3. In ihr konzentrieren sich die Hochgeschwindigkeitsaktivitäten von Ethernet: 10-Gigabit-Ethernet und *100-Gigabit-Ethernet*.

Da die Standardisierung von 10-Gigabit-Ethernet durch IEEE 802.3ae abgeschlossen ist, trifft die HSSG-Gruppe die Vorbereitungen für die nächste Frequenzdekade mit *40-Gigabit-Ethernet* (40GbE) und 100-Gigabit-Ethernet (100GbE). Diese Aktivitäten werden unter der Projektbezeichnung *802.3ba* durchgeführt.

Der Bedarf für entsprechende Datenraten liegt bei den Rechenzentren und dem Campusbereich. In den Rechenzentren wird die 100-Gigabit-Technologie im Kernbereich und im Aggregationsbereich Einzug halten. Wohingegen die Zugangstechnik der Rechenzentren mit 10-Gigabit-Ethernet auskommen wird.

Die technischen Arbeiten der HSSG-Gruppe sind durch bestimmte Vorgaben gekennzeichnet. Dazu gehören der Duplex-Betrieb, die Beibehaltung des Ethernet-Frames in Bezug auf die minimale und maximale Frame-Länge, eine angemessene Unterstützung von optischen Transportnetzen (OTN) mit der MAC-Datenrate von 40 Gbit/s und 100 Gbit/s sowie die vorgegebenen Entfernungen für Multimodefasern, Monomodefasern und Kupferkabel.

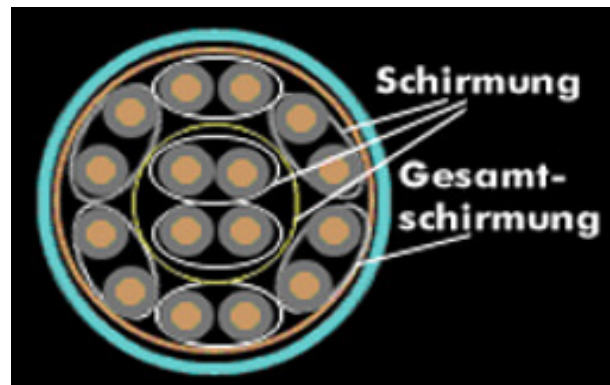
<http://www.ieee802.org/3/hssg/>

IB4X-Kabel *IB4X cable*

Das IB4X-Kabel wird als *Twinaxial-Kabel* bezeichnet und für die 10GbE-Schnittstelle 10GBase-CX4 verwendet.

100-Gigabit-Ethernet

Es handelt sich um ein 8-paariges Kabel deren 16 Leitungen das amerikanische Drahtmaß (AWG) 24 haben. Das IB4X-Kabel zeichnet sich durch eine Einfügungsdämpfung von unter 10 dB bis zu Frequenzen von 1,25 GHz aus, durch geringste Laufzeitdifferenzen und Rückflusdämpfungen. Es hat eine Impedanz von 95 Ohm oder 155 Ohm und eine maximale Länge von 15 m.



IB4X-Kabel

Der Aufbau zeigt in der Mitte zwei getrennt voneinander geschirmte Adernpaare, die darüber hinaus noch eine gemeinsame Schirmung haben, die von weiteren sechs Adernpaaren umgeben ist. Alle Adernpaare sind von einer Gesamtschirmung umgeben. Der Krümmungsradius beträgt maximal 5 cm. Der IB4X-Stecker ist ähnlich dem SCSI-Ribbon-Stecker, hat allerdings ein kleineres Rastermaß. Als Verriegelung benutzt der IB4X-Stecker eine Klinkenverriegelung oder einen Schraubverschluss.

ITU-Grid

Die ITU-T hat in den Empfehlungen G.692 und G.694 mit dem ITU-Grid die Wellenlängen- und Kanalabstände für Wellenlängenmultiplex (WDM), *CWDM-Systeme* und *DWDM-Technik* definiert. Je nach Wellenlängenmultiplex-Verfahren unterscheiden sich die Wellenlängenabstände und die damit in Zusammenhang stehenden Sicherheitsabstände zwischen zwei Wellenlängen.

Im ITU-T-Standard G.694 geht es um DWDM und CWDM. In G.694.1 wird das ITU-Grid für DWDM spezifiziert. Danach ist bei DWDM zwischen zwei Wellenlängen ein Sicherheitsabstand von 0,8 nm. Es gibt allerdings Entwicklungen, die mit dem halben oder sogar mit einem

100-Gigabit-Ethernet

Viertel des Wellenlängenabstandes, also mit 0,4 nm oder sogar mit 0,2 nm arbeiten. Der 0,8-nm-Abstand entspricht einem 100-GHz-Spacing.

In ITU-T G.694.2 aus dem Jahr 2002 wird CWDM mit einem Wellenlängenabstand von 20 nm standardisiert. Die Wellenlängenbereiche sind in insgesamt fünf Wellenlängenbänder eingeteilt, in denen insgesamt 18 Wellenlängen für die optische Übertragung zur Verfügung stehen. Dies sind das O-Band mit fünf Wellenlängen zwischen 1.271 nm und 1.351 nm, das E-Band mit Wellenlängen zwischen 1.371 nm und 1.451 nm, das S-Band mit drei Wellenlängen, das C-Band mit zwei und das L-Band wiederum mit drei Wellenlängen. Der gesamte Wellenlängenbereich reicht bis 1.611 nm.

OM-Klasse

optical multimode, OM

Bei den OM-Klassen (Optical Multimode) handelt es sich um die standardisierte Klassifizierung von Lichtwellenleitern für die LwL-Verkabelung, vergleichbar der Klassifizierung von TP-Kabeln (Kategorie) für die strukturierte Verkabelung (EN 50173 und ISO/IEC 11801). Die Standardisierung, die die Verkabelung von Gigabit-Ethernet und 10-Gigabit-Ethernet unterstützen soll, wird von ISO/IEC durchgeführt und sah bis 2008 drei Klassen für Multimodefasern (OM1, OM2, OM3) und eine Klasse für Monomodefasern (OS1) vor. 2008 wurde als vierte OM-Klasse OM4 von *IEEE 802.3ba* für *40-Gigabit-Ethernet* und *100-Gigabit-Ethernet* spezifiziert, mit denen der steigende Bedarf an Bandbreite in Rechenzentren erfüllt werden soll.

In der Standardisierung sind unterschiedliche Vorgaben für Monomodefasern und Gradientenfasern berücksichtigt, ebenso werden die benutzten optischen Fenster mit ihren verschiedenen Anregebedingungen durch LEDs und Laser berücksichtigt. Die vier optischen Klassen haben minimale Übertragungslängen zwischen 300 m und 2.000 m.

Für die optische Übertragung stehen in verschiedenen OM-Klassen die Wellenlängen von 850

100-Gigabit-Ethernet

nm und 1.300 nm zur Verfügung, die Dämpfungswerte sind in allen Klassen gleich, dagegen sind die Bandbreitenlängenprodukte sehr unterschiedlich. Für OM1 ist bei 850 nm ein Bandbreitenlängenprodukt von 200 MHz x km spezifiziert, OM2 hat eines von 500 MHz x km und OM3 eignet sich mit einer Modal Bandwidth von 2 GHz x km. OM3 wird allerdings mit einem VCSEL-Laser spezifiziert, der wesentlich effizienter arbeitet als andere Laser, die in Verbindung mit Monomodefasern verwendet werden. In dieser Konfiguration können bei 10-Gigabit-Ethernet Entfernungen von 300 m überbrückt werden. Wobei dies nur durch Einhaltung der äußerst engen Grenzwerte für die Differential Mode Delay (DMD) sichergestellt wird. OM4 ist für 40- und 100-Gigabit-Ethernet und verfügt über eine Modal Bandwidth von 4,5 GHz x km. An der Standardisierung des Lichtwellenleiters nach OM4 arbeiten die

Fasertyp	OM1 G50/125 G62,5/125	OM2 G50/125 G62,5/125	OM3 G50/125	OM4 G50/125 optimiert	OS1 E9 ... 10/125
Dämpfung bei 850 nm bei 1.300 nm	3,5 dB/km 1,5 dB/km	3,5 dB/km 1,5 dB/km	3,5 dB/km 1,5 dB/km	3,5 dB/km 1,5 dB/km	nicht definiert 1,0 dB/km
Bandbreiten- längenprodukt bei 850 nm bei 1.300 nm	200 MHzxkm 500 MHzxkm	500 MHzxkm 500 MHzxkm	1.500 MHzxkm 500 MHzxkm	3,5 GHzxkm 500 MHzxkm	nicht definiert nicht definiert
Laserbandbreite Modal Bandwidth	nicht definiert	nicht definiert	2.000 MHzxkm	4,7 GHzxkm	nicht definiert

Faserkategorien gemäß EN 50173 bzw. ISO/IEC 11801

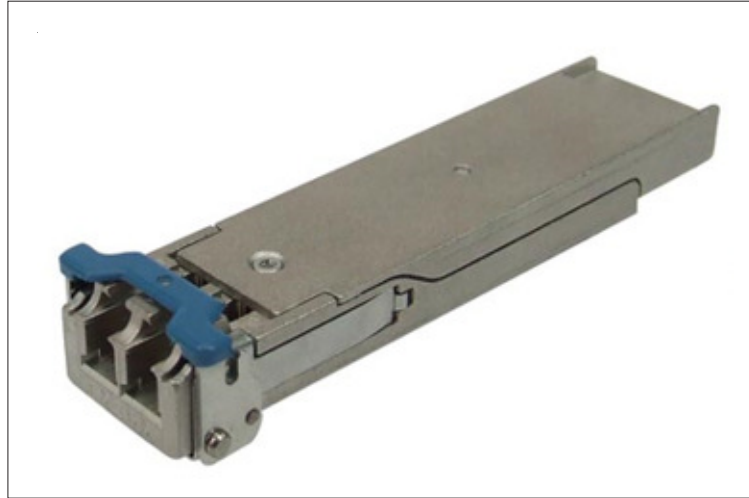
100-Gigabit-Ethernet

Telecommunications Industry Association (TIA) und die International Electronical Commission (IEC). IEEE 802.3ba hat ein Physical Medium Dependent (PMD) mit paralleler optischer Übertragung mit mehreren VCSEL-Lasern mit einer Wellenlänge von 850 nm spezifiziert. Bei dieser Paralleltechnik werden vier bzw. zehn 10-Gbit/s-Signale für 40- bzw. 100 Gigabit parallel übertragen. In dieser Konstellation können mit OM3-Multimodefasern 100 m überbrückt werden. Da das aber nur ca. 80 % der Anwendungen in Rechenzentren abdeckt, wurde die OM4-Faser für diese Anwendungen vorgesehen, die es auf 125 m bringt. Die 25 zusätzlichen Meter sind entscheidend um die restlichen Anwendungen abzudecken.

Optischer Transceiver *OT, optical transceiver*

Optische Transceiver (OT) sind das Pendant zu den elektrischen Transceivern. Ebenso wie diese bestehen sie aus getrennten Sende- und Empfangseinrichtungen. Es sind elektrisch-optische Sendeeinrichtungen und optisch-elektrische Empfangseinrichtungen. Optische Transceiver empfangen die optischen Signale von der Glasfaser und wandeln sie in O/E-Wandlern in elektrische Signale, die im optischen Transceiver aufbereitet und weiterverarbeitet werden. Als Empfangsdetektoren benutzen optische Transceiver lichtensitive Komponenten wie Fotodioden oder Fototransistoren. Senderseitig werden die elektrischen Signale in E/O-Wandlern in optische Signale gewandelt und auf der optischen Übertragungsstrecke übertragen. Dazu gibt es diverse E/O-Wandler wie LEDs, Laser, DFB-Laser, VCSEL-Laser und einige andere. Je nach benutzter Glasfaser gibt es optische Transceiver für Multimodefasern, Gradientenfaser und Monomodefasern. Neben den Empfangs- und Sendefunktionen haben optische Transceiver mit Überwachungs- und Management-Funktionen und unterstützen Leitungscodes für optische Sender. Wichtige Kennwerte sind der Wellenlängenbereich, die Datenrate, das äquivalente Eigenrauschen

100-Gigabit-Ethernet



XFP-Modul, Foto: telephonesonline.com

und die Anpassungswerte an die Glasfaser. In den verschiedenen Ethernet-Varianten werden optische Transceiver als einsteckbare Module eingesetzt. Beispiele hierfür sind das SFP-Modul für Gigabit-Ethernet, das *XFP-Modul* für 10-Gigabit-Ethernet und das *CFP-Modul* für 100-Gigabit-Ethernet.

In HS-Netzen wie Gigabit-Ethernet (GbE), 10-Gigabit-Ethernet, *40-Gigabit-Ethernet*, *100-Gigabit-Ethernet*, InfiniBand und Fibre

Channel wird die Bezeichnung Twinax-Kabel ebenfalls verwendet, allerdings für eine andere Kabelkonstruktion.

Bei diesen Kabeln sind mehrere symmetrische Adernpaare einzeln geschirmt und mit einer Gesamtschirmung versehen. Bei den einzeln geschirmten Kabeln handelt es sich um sogenannte Balanced Shielded Cable. Im Falle von 10GbE, 40GbE und 100GbE um das *IB4X-Kabel* für die 10GbE-Schnittstelle CX4, ein 8-paariges Twinax-Kabel.

Das Twinaxial-Kabel hat eine Leitungsimpedanz von 150 Ohm, bei einer Übertragungsfrequenz von 625 MHz darf die Dämpfung maximal 8,8 dB betragen und die maximale Abweichung zwischen den Transmit-Signalen 150 ps. Die Umlaufverzögerung darf 253 ns, das bei 1 GHz 253 Bitzeiten entspricht, nicht überschreiten.

Twinaxial-Kabel
twinaxial cable

100-Gigabit-Ethernet

XFP, 10 gigabit small form factor pluggable module

XFP-Modul

XFP-Module sind kleine, einsteckbare 10-Gigabit-Transceiver, die in die Switches von 10-Gigabit-Ethernet eingesetzt werden. Es sind hot-swappable *optische Transceiver*, die während des normalen Betriebs ausgetauscht werden können, Übertragungsraten von 10 Gbit/s haben und typischerweise bei Wellenlängen von 850 nm, 1.310 nm und 1.550 nm arbeiten.

Eingesetzt werden sie in 10-Gigabit-Ethernet (10GbE), *40-Gigabit-Ethernet* (40GbE), *100-Gigabit-Ethernet* (100GbE), Fibre Channel (FC) sowie in Sonet und im SDH-Netz.

XFP-Module haben Diagnose-Einrichtungen. Ihre Spezifikationen für das elektrische Interface, XFI, sind Teil der XFP MSA, des Multisource Agreement.

Bei Gigabit-Ethernet heißt das entsprechende Schnittstellenmodul SFP-Modul (Small Form Factor Pluggable) und bei 100-Gigabit-Ethernet *CFP-Modul* (100 Gigabit Small Form Factor Pluggable).

XLAUI, 40 gigabit attachment unit interface

Das XLAUI (40 Gigabit Attachment Unit Interface) ist eine Schnittstelle zwischen in der Medium Access Control (MAC) und dem Physical Layer (PHY) von *40-Gigabit-Ethernet*. Mit der XLAUI kann die eingeschränkte physikalische Ausdehnung der "40 Gigabit Medium Independent Interface", *XLGMII*, auf 60 cm verlängert werden. Die XLAUI arbeitet mit vier parallelen Lanes und *64B/66B-Codierung*.

XLGMII, 40 gigabit media independent interface

XLGMII ist das medienunabhängige Interface von *40-Gigabit-Ethernet*, adäquat zu *CGMII* für *100-Gigabit-Ethernet* und zu *XGMII* für 10-Gigabit-Ethernet.

Bei XLGMII handelt sich um die Schnittstelle zwischen dem MAC-Layer und dem Physical Coding Sublayer (PCS) von 40-Gigabit-Ethernet. XLGMII verbindet Ports untereinander und mit anderen elektronischen Baugruppe im Vollduplex. Über XLGMII werden Receive-, Transmit- und Kontrollsignale übertragen. XGMII kann nur geringe Entfernungen im Zentimeterbereich überbrücken und wird daher vorwiegend auf Boardebene für Intra-Chip-Verbindungen

100-Gigabit-Ethernet

eingesetzt. Eine Verlängerung erfolgt über das *XLAUI*.

Die Spezifikationen von XLGMII und CMGII können identisch sein, sie können aber auch unterschiedliche Datenbreiten und Taktfrequenzen aufweisen.

Herausgeber

Klaus Lipinski
Datacom-Buchverlag GmbH
84378 Dietersburg

ISBN: 978-3-89238-170-9

100-Gigabit-Ethernet

Copyright 2010

Alle Rechte vorbehalten.

Keine Haftung für die angegebenen Informationen.



Creative Commons

Namensnennung- Keine

Kommerzielle Nutzung - Keine

Bearbeitung 3.0 Deutschland

Hinweis — Im Falle einer Verbreitung müssen Sie anderen alle
Lizenzbedingungen mitteilen, die für dieses Werk gelten.

Das E-Book darf nur dann auf fremde Webseiten gestellt werden,
wenn ein Backlink auf www.itwissen.info gesetzt ist.

Produktion: www.media-schmid.de

Weitere Informationen unter www.itwissen.info